

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/019168

International filing date: 22 December 2004 (22.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-046250  
Filing date: 23 February 2004 (23.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 03 March 2005 (03.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

04.01.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 4 年   2 月 2 3 日  
Date of Application:

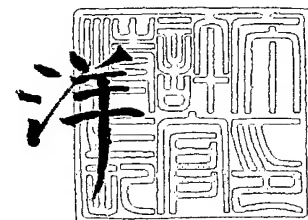
出 願 番 号            特 願 2 0 0 4 - 0 4 6 2 5 0  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 4 - 0 4 6 2 5 0 ]

出      願      人            三 菱 重 工 業 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 5 年   2 月 1 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 200203199  
【提出日】 平成16年 2月23日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 F02C 01/05  
F02C 06/00  
F02C 06/02

【発明者】  
【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社高砂製作所内  
【氏名】 野内 昇

【発明者】  
【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社高砂製作所内  
【氏名】 佃 嘉章

【発明者】  
【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社高砂研究所内  
【氏名】 梶下 秀昭

【発明者】  
【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社高砂研究所内  
【氏名】 蒲原 覚

【特許出願人】  
【識別番号】 000006208  
【氏名又は名称】 三菱重工業株式会社

【代理人】  
【識別番号】 100085501  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 佐野 静夫

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 024969  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0206607

## 【書類名】 特許請求の範囲

## 【請求項 1】

被覆粒子燃料内の被覆された核分裂生成物を核分裂させて得られた熱エネルギーにより冷却材に加温する高温ガス炉と、

該高温ガス炉で加温された前記冷却材により回転するとともに前記冷却材を圧縮するコンプレッサと同軸となる第 1 ガスタービンと、

前記第 1 ガスタービンから排出される前記冷却材により回転するとともに発電動作を行う発電機と同軸となる第 2 ガスタービンと、

前記第 2 ガスタービンを前記冷却材にバイパスさせるバイパス路と、  
を備え、

定格負荷運転時に、前記第 1 ガスタービンの回転数が所定の回転数の範囲内とするために前記バイパス路を流れる前記冷却材の流量を制御することを特徴とするガスタービンプラント。

## 【請求項 2】

前記バイパス路に、該バイパス路を流れる前記冷却材の流量を制御するためのオリフィスを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のガスタービンプラント。

## 【請求項 3】

前記バイパス路に、該バイパス路を流れる前記冷却材の流量を制御するためのバイパス弁を備えることを特徴とする請求項 1 に記載のガスタービンプラント。

## 【請求項 4】

前記コンプレッサを  $n$  ( $n$  は 1 以上の整数) 個備えるとともに、前記  $n$  個のコンプレッサそれぞれと同軸となる  $n$  軸の前記第 1 ガスタービンを備えることを特徴とする請求項 1 ～請求項 3 のいずれかに記載のガスタービンプラント。

【書類名】明細書

【発明の名称】ガスタービンプラント

【技術分野】

【0001】

本発明は、高温ガス炉によって発生した熱を利用するガスタービンプラントに関するもので、特に、高温ガス炉の熱により加熱されたガスにより駆動するとともに排ガスを高温ガス炉に供給するガスタービン圧縮機を備えたガスタービンプラントに関する。

【背景技術】

【0002】

原子炉の一形式である高温ガス炉は、燃料として核燃料を熱に強い熱分解炭素（PyC）や炭化珪素（SiC）で被覆した被覆粒子燃料を用いるとともに減速剤と炉内構造材に熱に強い黒鉛を使用するもので、ヘリウムガスがその冷却材に用いられる。又、この高温ガス炉に用いられる被覆粒子燃料として、黒鉛ブロックに燃料棒を挿入したブロック型燃料や球状に圧縮成型したペブルベッド型燃料が使用されている。そして、炉心を金属材料の代わりにセラミックス材料で構成することによって、炉心が1000℃近くの高温でも耐えることのできる構成とされる。

【0003】

よって、高温ガス炉より発生した熱を利用して、800℃以上の高い出口ガス温度という他の形式の原子炉では得られない高温のガス温度を得ることができ、熱効率の高い発電を達成することができる。又、使用される燃料は、燃料温度が上昇しても燃料溶融、被覆層破損はほとんど生じず、事故条件下においても核分裂生成物を保持するため、その安全性にも優れている。又、この高温ガス炉として、我が国においても、高温工学試験研究炉（HTTR: High Temperature Engineering Test Reactor）の運転が行われている。

【0004】

このような高温ガス炉が発電プラントにおいて、高温ガス炉からの高温ガスによって蒸気を発生し蒸気タービンを駆動する蒸気サイクル発電や、高温ガス炉からの高温ガスによりガスタービンを駆動する閉サイクルガスタービン発電が用いられている。このとき、在来火力発電並の蒸気条件の蒸気タービン発電では、略40%の熱効率を得られるが、原子炉出口冷却材温度を略850℃以上とする閉サイクルガスタービン発電を使用することにより、45～50%の熱効率を得られる可能性がある。

【0005】

そして、この熱効率の高い閉サイクルガスタービン発電を利用した高温ガス炉として、高温ガス炉を循環する系統とガスタービンを循環する系統とを異なる系統としたガスタービンプラントにおける高温ガス炉が開示されている（特許文献1参照）。特許文献1で開示されたガスタービンプラントにおいては、一次回路に備えられる高温ガス炉で得られた高温のヘリウムガスを用いて二次回路のヘリウムガスを加熱し、加熱した二次回路のヘリウムガスによりガスタービンが駆動する。

【0006】

又、本出願人は、高圧コンプレッサと同軸のガスタービン及び発電機と同軸のガスタービンとを別軸にして備えるとともに、この別軸のガスタービンを高温ガス炉からのヘリウムガスによって駆動するガスタービンプラントを開示している（特許文献2参照）。このガスタービンプラントでは、ガスタービンから排出されたヘリウムガスがコンプレッサで圧縮された後、高温ガス炉に供給される。このような構成のガスタービンプラントに使用されるとともにペブルベッド型燃料を使用するペブルベッド炉心を備えたペブルベッドモジュール型高温ガス炉（PBM R: Pebble Bed Modular Reactor）が開発されている。

【0007】

又、特許文献2におけるガスタービンプラントは、2軸のガスタービンを備えたガスタービンとし、発電機と同軸のガスタービンを更に低圧コンプレッサとも一軸となるように構成している。そのため、この低圧コンプレッサ及び発電機と一軸に接続されるガスタービンにかかる負荷が大きくなる。よって、上述のPBM Rを用いたガスタービンプラント

において、この負荷を分散させるために、低圧コンプレッサと一軸にしたガスタービンを設け、3軸構成としたガスタービンプラントが採用されているものが開発されている。

【特許文献1】特開平10-322215号公報

【特許文献2】特開平9-144557号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、高温ガス炉では、コンプレッサと同軸のタービンの回転数を低下させることができるが、上昇させることができない。よって、実機のプラント効率とヘリウムガスの流量との関係が設計点よりずれたために、定格負荷運転時において、その回転数が低い値でタービンが回転するとき、このタービンの回転数を上昇させることができないため、コンプレッサやタービンが備える動翼が共振して破損する恐れがある。

【0009】

このような問題を鑑みて、本発明は、閉サイクルシステムであるとともに、定格負荷運転時に各ガスタービンを安全に制御することができるガスタービンプラントを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために本発明のガスタービンプラントは、被覆粒子燃料内の被覆された核分裂生成物を核分裂させて得られた熱エネルギーにより冷却材に加温する高温ガス炉と、該高温ガス炉で加温された前記冷却材により回転するとともに前記冷却材を圧縮するコンプレッサと同軸となる第1ガスタービンと、前記第1ガスタービンから排出される前記冷却材により回転するとともに発電動作を行う発電機と同軸となる第2ガスタービンと、前記第2ガスタービンを前記冷却材にバイパスさせるバイパス路と、を備え、定格負荷運転時に、前記第1ガスタービンの回転数が所定の回転数の範囲内とするために前記バイパス路を流れる前記冷却材の流量を制御することを特徴とする。

【0011】

このように構成されるガスタービンプラントは、定格負荷運転時において、前記高温ガス炉より排出される高温高圧の前記冷却材が前記第1ガスタービンそれぞれに順番に与えられて回転することにより、前記第1ガスタービンと同軸のコンプレッサを回転駆動させる。又、最終段となる前記第1ガスタービンから排出された前記冷却材が前記第2ガスタービンに供給されることで、前記第2ガスタービンが回転し前記発電機が発電を行う。そして、該第2ガスタービンから排出された前記冷却材が前記第1ガスタービンによって回転されるコンプレッサによって圧縮されて高圧に昇圧された後、前記高温ガス炉に帰還される。

【0012】

このようなガスタービンプラントにおいて、前記バイパス路に、該バイパス路を流れる前記冷却材の流量を制御するためのオリフィスを備えるものとしても構わないし、前記バイパス路に、該バイパス路を流れる前記冷却材の流量を制御するためのバイパス弁を備えるものとしても構わない。

【0013】

又、前記第1ガスタービンの回転数そのものを検出し、該回転数が所定値を下回ったとき、前記バイパス路の流量を増加し、該回転数が所定値以上となったとき、前記バイパス路の流量を減少させるものとしても構わない。

【0014】

又、これらのガスタービンプラントにおいて、前記コンプレッサを $n$  ( $n$ は1以上の整数)個備えるとともに、前記 $n$ 個のコンプレッサそれぞれと同軸となる $n$ 軸の前記第1ガスタービンを備える。

【0015】

この $n$ 軸の前記第1ガスタービンを備えるガスタービンプラントにおいて、前記第1ガ

スタービンが2軸以上であるとともに、前記 $n$ 軸の第1ガスタービンの内、前記高温ガス炉に近い初段の前記第1ガスタービン以外の $n-1$ 軸の前記第1ガスタービンそれぞれを前記冷却材にバイパスさせる $n-1$ 個のバイパス弁を備え、起動時に、前記 $n-1$ 個のバイパス弁の開度を制御して、前記 $n$ 軸の第1ガスタービンそれぞれを前記初段の第1ガスタービンから順番に1軸毎に定格回転数にその回転数を高くするものとしても構わない。

#### 【0016】

このとき、前記バイパス弁を前記第1ガスタービン1軸毎に前記冷却材をバイパスさせるように直列に配設するようにしても構わないし、最終段の前記第1ガスタービンから $n-1$ 軸のガスタービンをバイパスさせるバイパス弁、最終段の前記第1ガスタービンから $n-2$ 軸のガスタービンをバイパスさせるバイパス弁、…、最終段の前記第1ガスタービン1軸をバイパスさせるバイパス弁のように、並列に配設するようにしても構わない。

#### 【0017】

又、前記バイパス弁が、前記第2ガスタービンをもバイパスさせるものとしても構わない。このとき、前記バイパス弁を直列に配設するとき、最終段の前記第1ガスタービンをバイパスさせる前記バイパス弁のみを前記第2ガスタービンをもバイパスさせるものとする。又、前記バイパス弁を並列に配設するとき、 $n-1$ 個の前記バイパス弁それぞれを前記第2ガスタービンをもバイパスさせるものとする。

#### 【0018】

又、これらのガスタービンプラントにおいて、前記コンプレッサから前記高温ガス炉に供給される前記冷却材と、前記第2ガスタービンから排出される前記冷却材との熱交換を行う熱交換器を設けるものとしても構わない。又、前記第2ガスタービンと前記コンプレッサとの間の経路に、前記冷却材を冷却する前置冷却器を設けるとともに、前記コンプレッサの間の経路に、前記冷却材を冷却する $n-1$ 個の中間冷却器を設けるものとしても構わない。更に、上述の各ガスタービンプラントにおいて、前記冷却材としてヘリウムガスを用いる。

#### 【発明の効果】

#### 【0019】

本発明によると、複数軸のガスタービンプラントを起動時に定格回転数まで昇速させるとき、バイパス弁を設けることによって、このバイパス弁の開度を制御してコンプレッサと同軸のガスタービンそれぞれを個々に制御して昇速させることができる。よって、全てのガスタービンを一度に昇速させる場合と比べて、各ガスタービン毎に定格回転数まで昇速されたか否かを確認することができるので、安全に起動させることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0020】

##### <第1の実施形態>

本発明の第1の実施形態について、図面を参照して説明する。図1は、本実施形態のガスタービンプラントの構成を示すブロック図である。

#### 【0021】

図1のガスタービンプラントは、核分裂生成物(FP:Fission Products)を核分裂させた際の熱エネルギーを供給されたヘリウムガスに与えて高温のヘリウムガスを排出する高温ガス炉1と、高温ガス炉1から排出されるヘリウムガスにより駆動する高圧ガスタービン(HPT)2と、HPT2から排出されたヘリウムガスにより駆動する低圧タービン(LPT)3と、LPT3から排出されたヘリウムガスにより駆動するパワーガスタービン(PT)4と、PT4と同軸で構成されるとともにPT4により回転される発電機5と、PT4から排出されたヘリウムガスが供給されて熱交換を行う熱交換器6と、熱交換器6で熱を放出したヘリウムガスを冷却する前置冷却器7と、前置冷却器7で冷却されたヘリウムガスを圧縮する低圧コンプレッサ(LPC)8と、LPC8で圧縮されて昇圧されたヘリウムガスを冷却する中間冷却器9と、中間冷却器9で冷却されたヘリウムガスを圧縮して熱交換器6に供給する高圧コンプレッサ(HPC)10と、を備える。

#### 【0022】

又、この図1のガスタービンプラントは、LPT3から排出されるヘリウムガスをPT4をバイパスさせて熱交換器6に供給するためのバイパス路11を備えるとともに、このバイパス路11にはバイパス路11を流れるヘリウムガスの流量を制御するための交換可能なオリフィス11aが設置される。即ち、バイパス路11に設置されるオリフィス11aによって決まる流量制限値によって、バイパス路11を流れるヘリウムガスの流量及びPT4に供給されるヘリウムガスの流量が設定される。

#### 【0023】

このようにバイパス路11が設けられるとき、まず、定格負荷運転時におけるHPT2及びLPT3の回転数を計測する。HPT2及びLPT3の回転数が安全に運転できる回転数より低い場合はバイパス路11にバイパスさせることによりLPT出口圧力を下げてHPT2及びLPT3の回転数を上昇させる。

#### 【0024】

このように構成されるガスタービンプラントを定格負荷で運転するとき、減速材と炉内構造材には熱に強い黒鉛が使用されて耐熱構造とされた高温ガス炉1に、FPであるセラミックス微小燃料粒子を熱分解炭素や炭化珪素で多重に被覆した被覆粒子燃料である燃料要素が供給されて、燃料要素内のFPが核分裂を行う。このFPの核分裂により発生する熱エネルギーが熱交換器6より供給されるヘリウムガスに与えられ、高温高圧のヘリウムガスをHPT2に供給する。尚、被覆粒子燃料である燃料要素として、ペブルベッド型燃料又はブロック型燃料が使用される。

#### 【0025】

そして、高温ガス炉1からの高温高圧のヘリウムガスによりHPT2が回転し、HPC10を回転させるとともに、このHPT2から排出されるヘリウムガスがLPT3に供給される。同様に、HPT2を回転させたヘリウムガスによりLPT3が回転し、LPC8を回転させるとともに、このLPT3から排出されるヘリウムガスがPT4に供給される。更に、LPT3を回転させたヘリウムガスによりPT4が回転し、発電機5を回転させて発電を行う。このとき、設置されたオリフィス11aによる流量分のヘリウムガスがLPT3から熱交換器6にバイパスされる。このようにしてHPT2、LPT3、PT4それぞれを回転させて仕事を行ったヘリウムガスが熱交換器6に供給される。

#### 【0026】

熱交換器6では、PT4から排出された高温のヘリウムガスが供給されるとともに、HPC10で圧縮されたヘリウムガスがPT4からのヘリウムガスと熱交換を行うことによって、加温されたHPC10からのヘリウムガスを高温ガス炉1に供給するとともに、冷却されたPT4からのヘリウムガスが前置冷却器7に与えられる。この前置冷却器7で冷却されたヘリウムガスがLPT3で回転されるLPC8に与えられることで、圧縮されて昇圧される。このとき、前置冷却器7で冷却されることで、ヘリウムガスの密度を高くしてLPC8での圧縮効率を高くする。

#### 【0027】

そして、昇圧されたヘリウムガスが中間冷却器9で再度冷却された後、HPT2で回転されるHPC10で圧縮された昇圧される。このとき、中間冷却器9でヘリウムガスが冷却されることで、前置冷却器7で冷却されたときと同様、ヘリウムガスの密度を高くしてHPC10での圧縮効率を高くする。このHPC10で昇圧されたヘリウムガスが熱交換器6で加温されて、高温ガス炉1に供給される。

#### 【0028】

このように、本実施形態によると、バイパス路11にオリフィス11aを設置することによって、バイパス路11を流れるヘリウムガスを最適な流量に制限することができる。即ち、PT4に供給するヘリウムガスの流量をできる限り多いものとするとともにHPT2及びLPT3の回転数を設計値で維持できる流量のヘリウムガスをバイパス路11にバイパスできるように、オリフィス11aの流量値が設定されることで、定格負荷運転を安全に且つ高効率で安全に運転を行うことができる。

#### 【0029】



### <第2の実施形態>

本発明の第2の実施形態について、図面を参照して説明する。図2は、本実施形態のガスタービンプラントの構成を示すブロック図である。尚、図2のガスタービンプラントにおいて、図1のガスタービンプラントと同一の目的で使用する部分については同一の符号を付してその詳細な説明は省略する。

#### 【0030】

図2のガスタービンプラントは、図1のガスタービンプラントと異なり、バイパス路11においてオリフィス11aの代わりにバイパス弁11bを備えるとともに、HPT2の回転数を計測する回転数計12と、LPT3の回転数を計測する回転数計13と、HPT2及びLPT3の回転数それぞれに応じてバイパス弁11bの開度を制御するバイパス制御部14と、を備える。このように構成されるガスタービンプラントの定格負荷運転時における基本動作は、第1の実施形態と同様であるので、第1の実施形態を参照するものとし、その詳細な説明は省略する。

#### 【0031】

第1の実施形態と同様、HPT2及びLPT3及びPT4それぞれを高温ガス炉1から供給される高温高圧のヘリウムガスによって回転駆動させることで、HPT2及びLPT3及びPT4それぞれと同軸のHPC10及びLPC8及び発電機5を動作させ、定格負荷運転が行われる。このとき、回転数計12で検出されたHPT2の回転数と、回転数計13で検出されたLPT3の回転数計とがそれぞれ、バイパス制御部14に与えられる。そして、バイパス制御部14では、与えられたHPT2及びLPT3の回転数それぞれを、計画値と比較し、HPT2及びLPT3それぞれが安全な回転数で運転しているか否かを判断する。

#### 【0032】

このように、本実施形態によると、HPT2及びLPT3それぞれの回転数が計画値以上であるか否かを確認し、計画値を下回ったときはバイパス弁11bを開くことによって、HPT2及びLPT3の回転数を制御することができる。即ち、HPT2及びLPT3の回転数それぞれを検出してバイパス弁11bの開度を制御することによって、HPT2及びLPT3の回転数を計画値で維持するようにバイパス路11を流れるヘリウムガスの流量を制御することができる。よって、定格負荷運転を安全に且つ高効率で行うことができる。

#### 【0033】

尚、第1及び第2の実施形態において、HPT及びLPT及びPTの3軸のガスタービンプラントとしたが、1軸以上のコンプレッサと同軸のガスタービンと発電機と同軸のガスタービンを備える2軸以上となるn軸のガスタービンプラントに対して適用できる。

#### 【0034】

### <第3の実施形態>

本発明の第3の実施形態について、図面を参照して説明する。図3は、本実施形態のガスタービンプラントの構成を示すブロック図である。尚、図3のガスタービンプラントにおいて、図2のガスタービンプラントと同一の目的で使用する部分については同一の符号を付してその詳細な説明は省略する。

#### 【0035】

図3のガスタービンプラントは、図2のガスタービンプラントの構成に、更に、HPT2から排出されるヘリウムガスをLPT3をバイパスさせるバイパス弁15を備える。このように構成されるガスタービンプラントは、定格負荷運転時において、バイパス弁15を全閉状態とするとともに、第2の実施形態と同様の動作を行うことでバイパス弁11bの開度を制御して、第1の実施形態で説明した基本動作を行う。よって、定格負荷運転時における動作の詳細な説明については、第1及び第2の実施形態を参照するものとして、その詳細な説明は省略する。

#### 【0036】

以下に、本実施形態のガスタービンプラントの起動時動作について、図4を参照して以

下に説明する。まず、バイパス弁 11b, 15 が全閉の状態とされる。そして、貯蔵タンク（不図示）のヘリウムガスを、図 1 のガスタービンプラントにおける、高温ガス炉 1、HPT 2、LPT 3、PT 4、熱交換器 6、LPC 8、及び HPC 9 により構成されるヘリウムガスのメイン系統に注入する。このとき、同時に、初期設定用のブロウシステム（不図示）を起動して、このメイン系統に注入されたヘリウムガスを循環させるとともに、LPC 8 及び HPC 10 にはヘリウムガスが流れないように流量制御する。

#### 【0037】

そして、メイン系統に注入されたヘリウムガスの温度及び圧力が所定値に到達したことが確認されると、高温ガス炉 1 内の臨界運転に移行する。そして、高温ガス炉 1 内が臨界に達すると、高温ガス炉 1 における出口温度を所定の温度範囲内に制御する。その後、HPT 2、LPT 3 及び PT 4 を流れるヘリウムの流量を制御するとともに、発電機 5 をサイリスタとして動作させて PT 4 の回転数を定格回転数  $R_b$  まで上昇させる。そして、PT 4 の回転数が定格回転数  $R_b$  まで上昇したことが確認されると、発電機 5 を併入させる。

#### 【0038】

このようにして、起動開始してから時間  $t_a$  が経過したときに、発電機 5 が併入されると、図 4 (a)、(b) のように、HPT 2 及び LPT 3 の回転数が回転数  $R_a$  に到達していることが確認される。そして、LPC 8 及び HPC 10 を流れるヘリウムガスの流量を制御してプラントの負荷を上昇させる。このとき、図 4 (c) のように、バイパス弁 15 を開度  $x\%$  まで開けて、バイパス弁 15 を介して HPT 2 からのヘリウムガスの一部を PT 4 に供給する。そして、負荷を上昇させるとともに、図 4 (a) のように、HPT 2 の回転数を定格回転数  $R_b$  に昇速させる。尚、バイパス弁 15 の開度が  $x\%$  まで開けることによって、図 4 (b) のように、LPT 3 の回転数を回転数  $R_a$  で保持することができる。

#### 【0039】

そして、時間  $t_b$  経過後に HPT 2 の回転数が定格回転数  $R_b$  に到達したことが確認されると、図 4 (c) のように、バイパス弁 15 を全閉として、HPT 2 からのヘリウムガスを全て LPT 3 に供給する。よって、LPT 3 に流れるヘリウムガスの流量が多くなるので、図 4 (b) のように、LPT 3 の回転数が定格回転数  $R_b$  まで上昇する。このようにして、HPT 2、HPT 3、及び PT 4 の回転数を定格回転数  $R_b$  まで上昇させると、更にプラントの負荷を上昇させて、無負荷運転から定格負荷運転に移行する。尚、このようにプラントの負荷を上昇させているとき、高温ガス炉 1 における出口温度が所定の温度となるように制御される。

#### 【0040】

このように、本実施形態において、バイパス弁 15 を設けることによって、プラント起動時において、HPT 2 及び LPT 3 の回転数を個別に制御することができる。よって、HPT 2 及び LPT 3 の回転数をそれぞれ定格回転数まで上昇させて、HPT 2 及び LPT 3 を安全領域で動作させることができる。

#### 【0041】

上述のガスタービンプラントの起動動作において、バイパス弁 11b を全閉の状態とするとともにバイパス弁 15 の開度を制御することで、HPT 2 及び LPT 3 の回転数を順番に上昇させるものとしたが、バイパス弁 11b をバイパス弁 15 と同様のタイミングでその開度を制御することで、PT 4 をバイパスさせるとともに HPT 2 及び LPT 3 の回転数を順番に上昇させることも可能である。

#### 【0042】

尚、本実施形態において、第 2 の実施形態と同様、HPT 2 及び LPT 3 それぞれの回転数を計測する回転数計 12, 13 と、HPT 2 及び LPT 3 の回転数それぞれに応じてバイパス弁 11b の開度を制御するバイパス制御部 14 とを備え、HPT 2 及び LPT 3 の回転数が計画値となるようにヘリウムの流量制御を自動的に行うようにしても構わない。

## 【0043】

又、本実施形態におけるガスタービンプラントは、3軸のガスタービンによって構成されるものとしたが、3軸以上の $n$ 軸のガスタービンに適用できる。このとき、図5及び図6のように、発電機と同軸のガスタービン(P T) 4が1軸であるため、コンプレッサ $C_1 \sim C_{n-1}$ それぞれと同軸のガスタービン $T_1 \sim T_{n-1}$ が $n-1$ 軸となるとともに、初段のガスタービン $T_1$ 以外のコンプレッサ $C_2 \sim C_{n-1}$ と同軸の各ガスタービン $T_2 \sim T_{n-2}$ をバイパスするためのバイパス弁 $V_1 \sim V_{n-2}$ が $n-2$ 個設けられる。

## 【0044】

そして、図5のように、コンプレッサと同軸の $n-2$ 軸の各ガスタービン毎にバイパス弁 $V_1 \sim V_{n-2}$ を直列に設けることもでき、又、図6のように、 $n-2$ 軸のガスタービン $T_2 \sim T_{n-1}$ をバイパスさせるバイパス弁 $V_1$ 、 $n-3$ 軸のガスタービン $T_3 \sim T_{n-1}$ をバイパスさせるバイパス弁 $V_2$ 、…、1軸のガスタービン $T_{n-1}$ をバイパスさせるバイパス弁 $V_{n-2}$ のようにバイパス弁 $V_1 \sim V_{n-2}$ を並列に設けることもできる。

## 【0045】

更に、図5及び図6のようにバイパス弁 $V_1 \sim V_{n-2}$ が配設されるとき、その起動時において、図5の場合、まず、バイパス弁 $V_1 \sim V_{n-2}$ を開いて、ガスタービン $T_1$ を定格回転数とした後、バイパス弁 $V_1, V_2, \dots, V_{n-2}$ を順番に全閉にして、ガスタービン $T_2, T_3, \dots, T_{n-1}$ の順に定格回転数に昇速させる。このとき、バイパス弁 $11b$ を全閉とすることもできるし、所定の開度だけ開くこともできる。又、図6の場合、まず、バイパス弁 $V_1$ を開いて、ガスタービン $T_1$ を定格回転数とした後にバイパス弁 $V_1$ を全閉とした後、バイパス弁 $V_2, \dots, V_{n-2}$ の順番に、その開度を開いた後に全閉にして、ガスタービン $T_2, T_3, \dots, T_{n-1}$ の順に定格回転数に昇速させる。このときも同様に、バイパス弁 $11b$ を全閉としても良いし、所定の開度だけ開くようにしても良い。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0046】

本発明のガスタービンプラントは、高温ガス炉及び複数軸のガスタービンを備えたガスタービンプラントにおいて適用可能であり、高温ガス炉に使用される被覆粒子燃料がペブルベッド型燃料及びブロック型燃料いずれの場合であっても、適用することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0047】

【図1】は、第1の実施形態のガスタービンプラントの構成を示すブロック図である。

【図2】は、第2の実施形態のガスタービンプラントの構成を示すブロック図である。

【図3】は、第3の実施形態のガスタービンプラントの構成を示すブロック図である。

【図4】は、図3のガスタービンプラントの起動時の動作を示すタイミングチャートである。

【図5】は、第3の実施形態のガスタービンプラントの別の構成を示すブロック図である。

【図6】は、第3の実施形態のガスタービンプラントの別の構成を示すブロック図である。

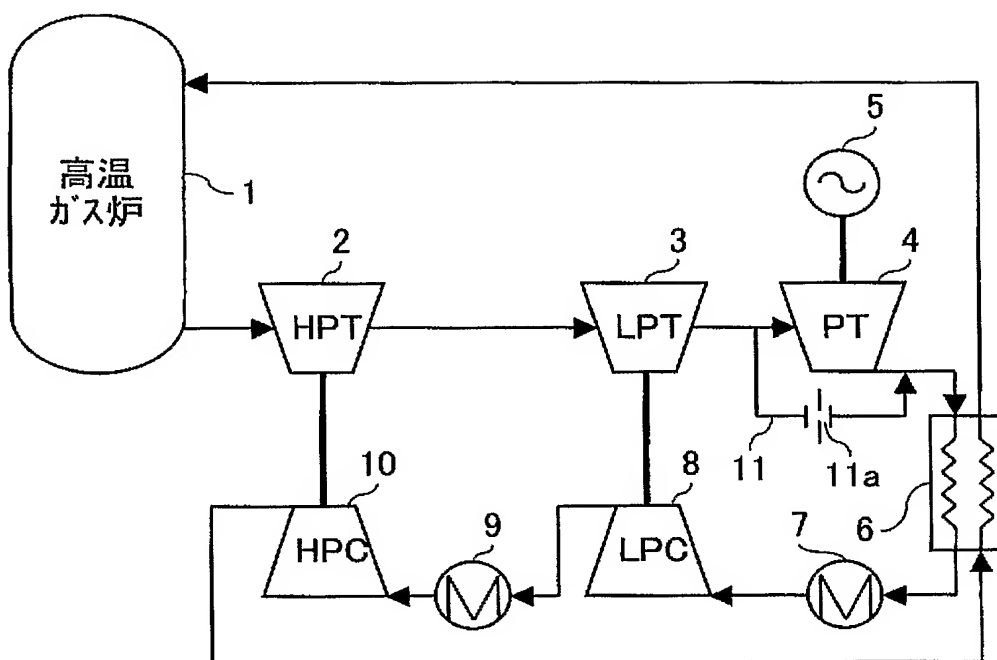
## 【符号の説明】

## 【0048】

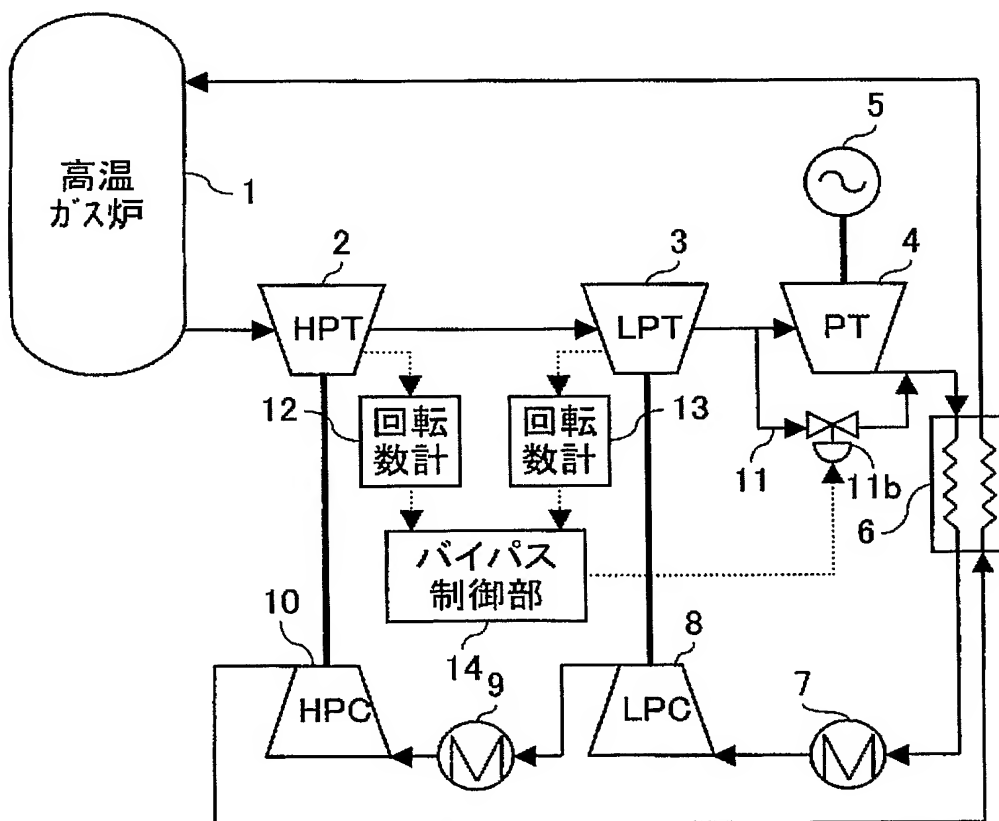
- |   |       |
|---|-------|
| 1 | 高温ガス炉 |
| 2 | H P T |
| 3 | L P T |
| 4 | P T   |
| 5 | 発電機   |

- 6 熱交換器
- 7 前置冷却器
- 8 L P C
- 9 中間冷却器
- 1 0 H P C
- 1 1 バイパス路
- 1 1 a オリフィス
- 1 1 b, 1 5 バイパス弁
- 1 2 温度検出器
- 1 3 流量検出器
- 1 4 バイパス制御部

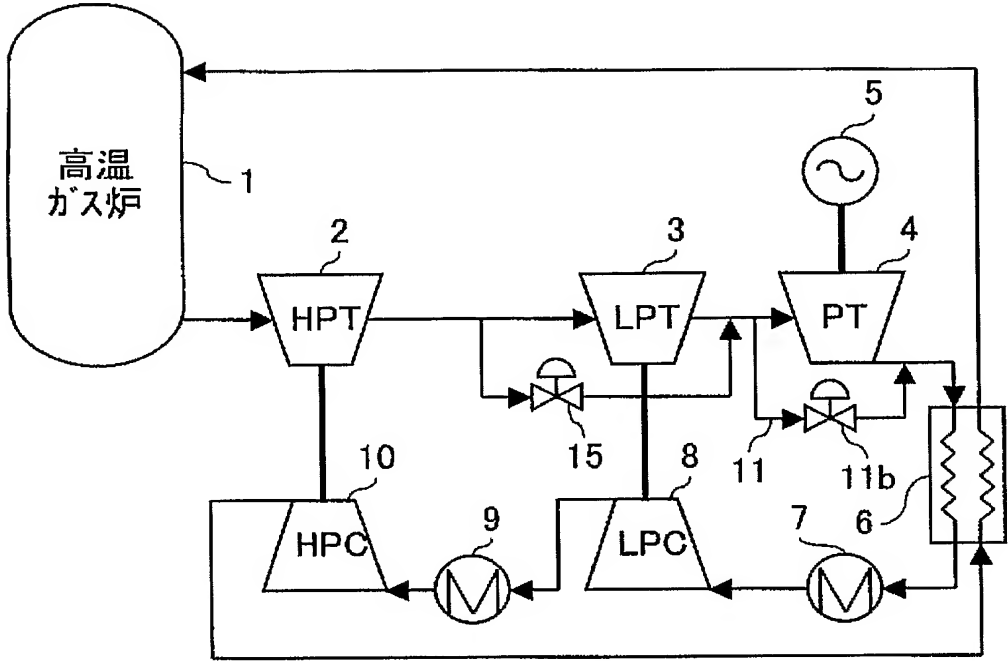
【書類名】 図面  
【図 1】



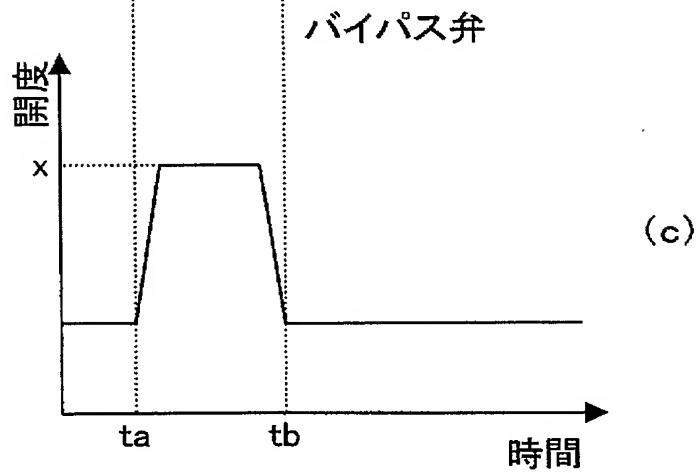
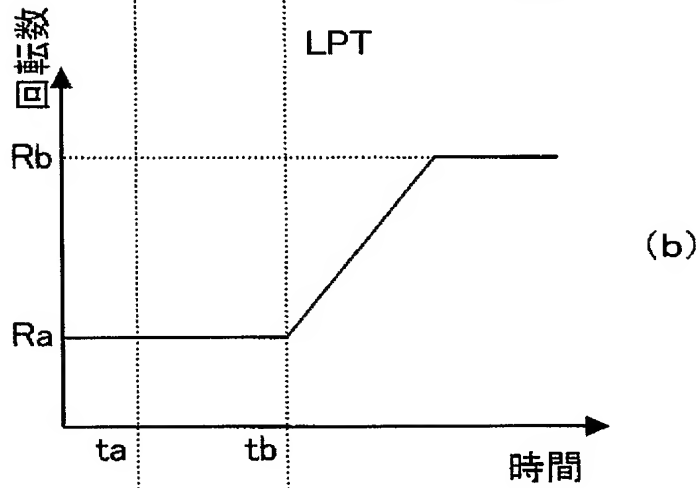
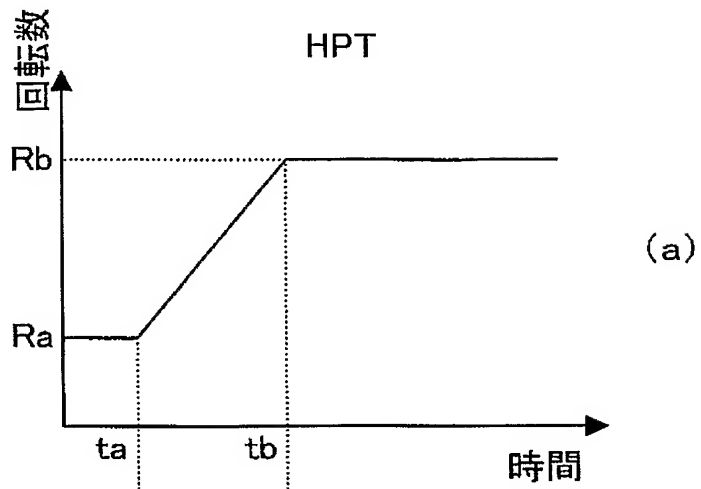
【図 2】



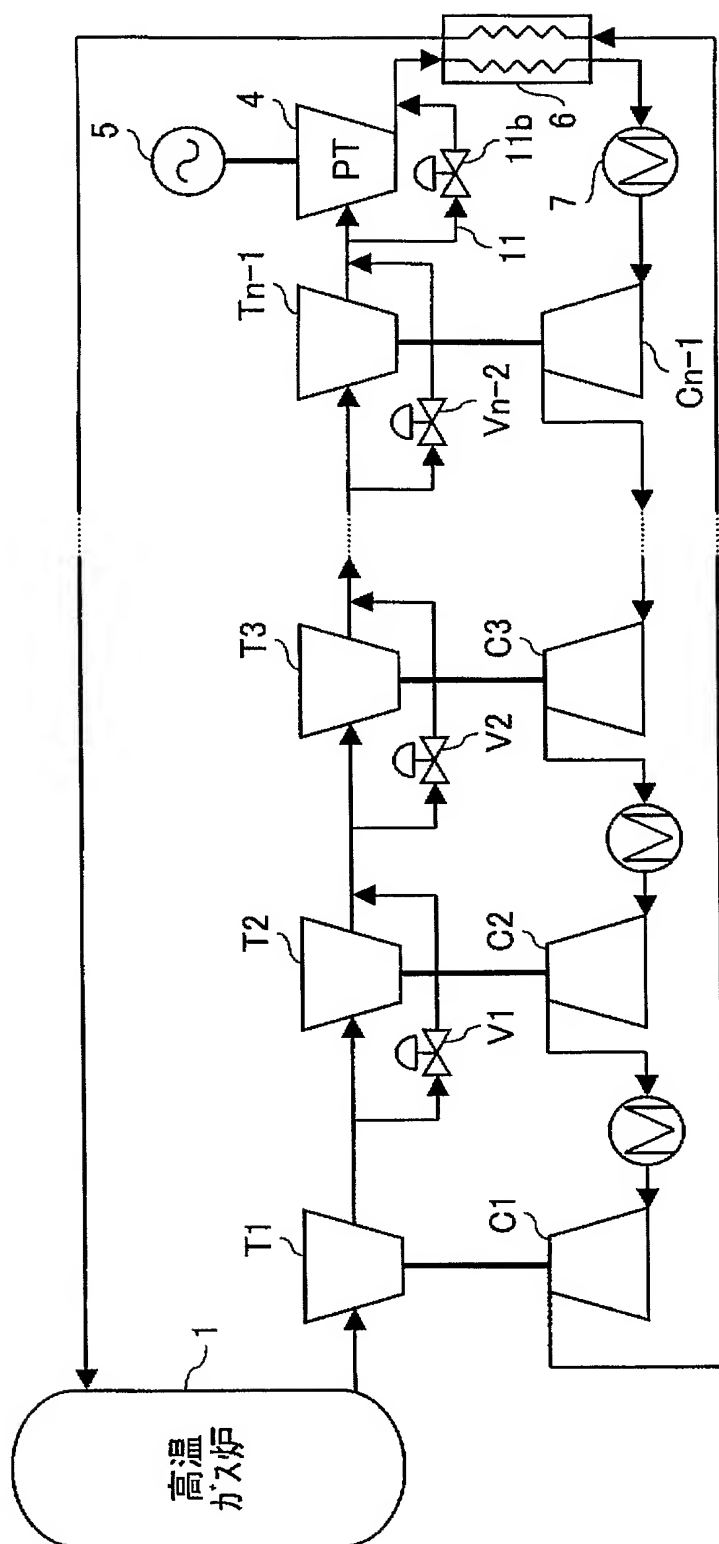
【図 3】



【図 4】

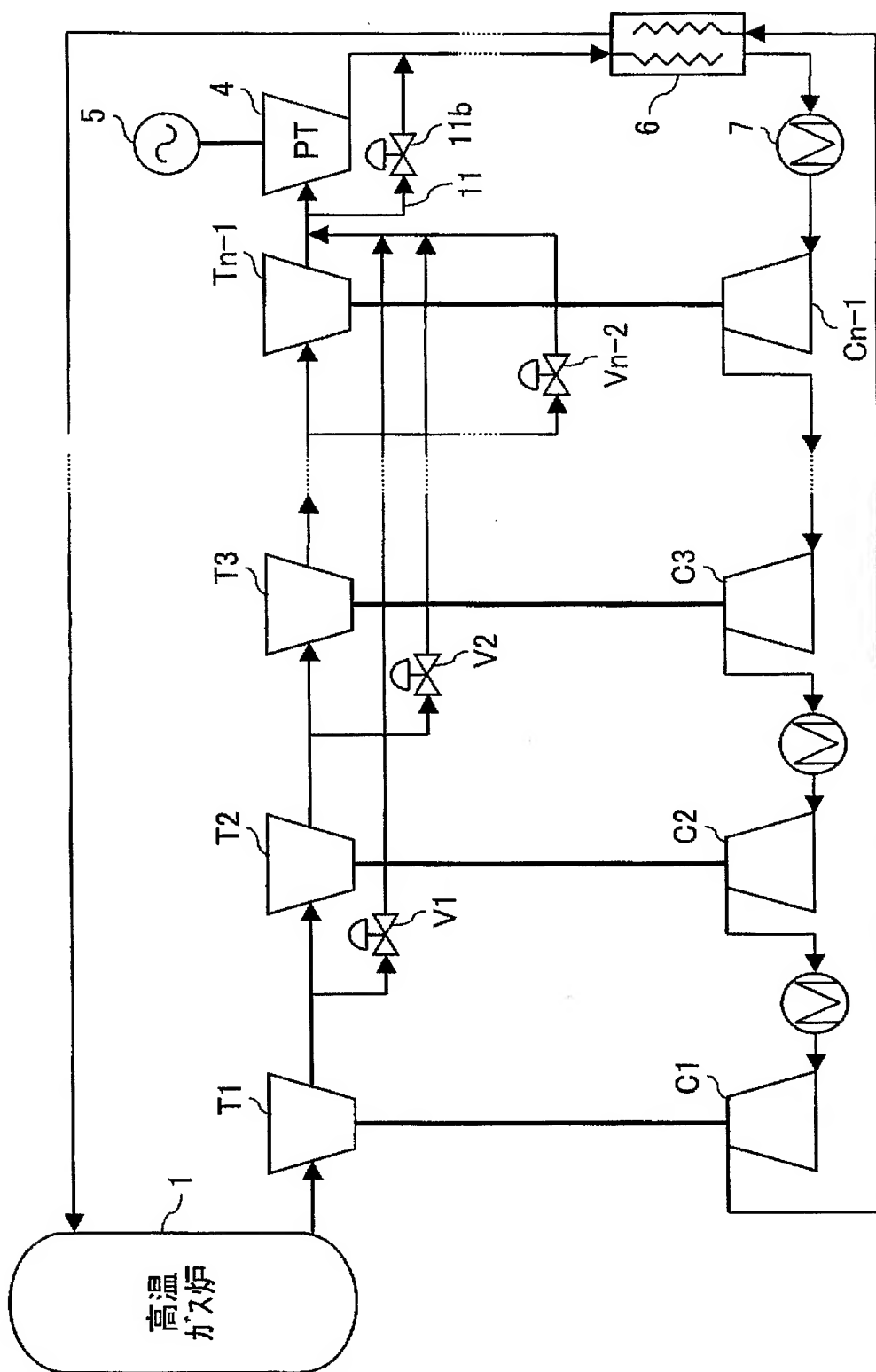


【図 5】





【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、閉サイクルシステムであるとともに、定格負荷運転時に各ガスタービンを安全に制御することができるガスタービンプラントを提供することを目的とする。

【解決手段】 L P T 3 からのヘリウムガスをバイパスするためのバイパス路 1 1 にオリフィス 1 1 a を設けることにより、定格負荷運転時において、P T 4 に供給するヘリウムガスをバイパス路 1 1 にバイパスさせることで、H P T 2 及び L P T 3 の回転数を設計値に維持することができる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 4 6 2 5 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 6 2 0 8 ]

1. 変更年月日	2 0 0 3 年 5 月 6 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号
氏 名	三菱重工業株式会社